

**ANALISIS PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150 KV
REMBANG-BLORA BERTAHANAN TINGGI DAN USAHA
MENURUNKANNYA**



PUBLIKASI ILMIAH

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

NURCAHYO HAJAR SAPUTRO

D 400 060048

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150 KV
REMBANG-BLORA BERTAHANAN TINGGI DAN USAHA
MENURUNKANNYA**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

NURCAHYO HAJAR SAPUTRO

D 400 060 048

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen pembimbing,



Hasyim asy'ari, ST.MT

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150 KV
REMBANG-BLORA BERTAHANAN TINGGI DAN USAHA
MENURUNKANNYA**

OLEH

NURCAHYO HAJAR SAPUTRO


D 400 060 048

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu Tanggal 08 Juni 2016 Jam 14.15 WIB
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- | | |
|--|---------|
| 1. Hasyim Asy'ari, ST.MT
(Ketua Dewan Penguji) | (.....) |
| 2. Umar, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji) | (.....) |
| 3. Aris Budiman, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji) | (.....) |

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 08 juni 2016

Penulis


NURCAHYO HAJAR SAPUTRO

D 400 060 048

ANALISIS PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 150 KV REMBANG-BLORA BERTAHANAN TINGGI DAN USAHA MENURUNKANNYA

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki nilai resistensi sistem pentanahan pada kaki menara jaringan tegangan tinggi 150 KV disepanjang jalur pemasangan tower, diwilayah gardu induk Rembang-Blora sebanyak 92 tower. Tahanan kaki yang rendah berguna sebagai jalan pintas untuk meredam arus sambaran petir, tahanan kaki transmisi ditetapkan kurang dari 5 ohm. Tahanan yang melebihi nilai ini tidak terjamin keamanan proteksi saluran transmisi udara, *back flashover* sangat berpeluang terjadi pada keadaan ini. Tahanan kaki menara transmisi 150 KV Rembang-Blora mengalami perubahan resistensi tanah karena perubahan parameter tersebut beberapa menara transmisi mempunyai tahanan kaki menara yang tinggi yang lebih dari 5 ohm. Usaha yang dilakukan PT. PLN (persero) untuk menurunkan tahanan adalah melakukan pengawasan dan perawatan rutin pentanahan. Pengukuran tower SUTT 150 KV transmisi Gardu induk (GI) Rembang-Blora dengan menggunakan alat, yaitu *Earth Tester*. Untuk memperoleh tahanan kurang 5 ohm peneliti melakukan perhitungan dan perbaikan. yaitu dengan menambah satu batang elektroda (arde) berdiameter 3\4 inci. Hasil pengukuran menunjukkan 44 tower memerlukan perbaikan dan sekarang sudah sesuai dengan standart atau kurang dari 5 ohm.

Kata Kunci : Tahanan pentanahan, batang elektroda, Earth Tester.

Abstract

This study was done to improve the value of grounding system resistance at the tower 150 KV high-voltage network installation towers along the path, the region Rembang-Blora substations as much as 92 towers. Grounding resistance lower leg useful as a shortcut to dampen the flow lightning strikes, grounding resistance transmission foot is as less than 5 ohms. Grounding resistance who exceed the value of the security is not assured air transmission line protection, back flashover is very likely to occur in this. Grounding resistance 150 KV transmission Rembang-Blora to experiencing of change in the parameters of several transmission foot high tower transmission more 5 ohms. The work done by PT. PLN (Persero) to lower the grounding resistance is to supervise and routine maintenance. Measurement tower of 150 KV transmission SUTT parent (GI) Rembang-Blora using tools, namely is *Earth Tester*. To obtain custody of approximately 5 ohm researchers perform calculations and repair. namely by adding a rod electrode (grounding) diameter 3 \ 4 inches. The measurement results showed 44 tower in need of repair and that it now adheres to the standard or less than 5 ohms.

Keyword : Grounding resistance, electrode rod, Earth Tester.

1.PENDAHULUAN

Pentanahan merupakan sistem yang umum digunakan di dunia kelistrikan yang bertujuan mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berada disekitar gangguan. Untuk menyalurkan daya listrik di pusat tenaga (sumber) ke pemakai daya (konsumen) diperlukan suatu sistem tenaga listrik. Sistem jaringan ini terdiri dari saluran transmisi, meliputi saluran udara tegangan ultra tinggi (SUTET) 500 KV, Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 KV dan jaringan distribusi, meliputi sistem tegangan menengah 70 KV dan sistem tegangan rendah 110/220 watt. Saluran transmisi merupakan bagian yang sering mendapat gangguan, gangguan-gangguan tersebut selain gangguan dari dalam atau pada peralatan itu sendiri juga terdapat gangguan dari luar atau gangguan alam (salah satunya gangguan sambaran petir) terhadap saluran transmisi karena saluran transmisi berhubungan langsung dengan lingkungan luar yang melalui udara, panjang, tinggi dan tersebar diberbagai daerah terbuka serta beroperasi dalam segala macam kondisi. Apabila salah satu bagian sistem transmisi mengalami gangguan maka akan berdampak terhadap bagian transmisi yang lainnya,

Sehingga Saluran transmisi Gardu induk dan Saluran distribusi menjadi terganggu serta mengalami kerusakan. Transmisi dan distribusi merupakan satu kesatuan yang harus dikelola dengan baik

Cara mengatasi gangguan diperlukan pentanahan kaki menara transmisi yaitu perlindungan kawat fase terhadap sambaran langsung petir dengan menggunakan kawat tanah yang diletakkan di atas kawat fase, sehingga sambaran petir yang mengenai kawat tanah akan merambat melalui impedansi surja ke tanah. Resistansi tanah yang tinggi menyebabkan gelombang arus pantul akan merambat ke puncak menara dan apabila gelombang arus pantul tersebut melebihi tegangan tembus isolator yang ada pada tiang transmisi, maka arus petir akan terinjeksi ke kawat fase dan mengakibatkan kerusakan. Oleh karena itu diperlukan sistem pentanahan yang baik artinya kurang dari 5 ohm dan efektif.

1.1 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji adalah

1. Bagaimana kondisi tahanan pentanahan kaki menara SUTT 150 KV Transmisi Rembang-Blora?
2. Bagaimana memperbaiki pentanahan ataupun menambahkan pentanahan kaki menara SUTT 150 KV Transmisi Rembang-Blora agar sesuai standart atau kurang dari 5 ohm.?
3. Bagaimana kondisi pentanahan menara SUTT 150 KV Transmisi Rembang-Blora setelah dilakukan penambahan elektroda?

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kondisi tahanan pentanahan kaki menara SUTT 150 KV transmisi Rembang-Blora.
2. Mengetahui dan memaparkan usaha perbaikan tahanan pentanahan kaki menara SUTT 150 KV transmisi Rembang-Blora agar sesuai dengan standart atau kurang dari 5 ohm.
3. Memperoleh data pengukuran kaki menara SUTT 150 KV transmisi Rembang-Blora dan mengetahui proses penambahan elektroda pentanahan setelah dilakukan pengukuran tahanan kaki menara dalam usaha menurunkan tingginya resistansi pentanahan pada beberapa menara.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi tambahan tentang hasil pengukuran tahanan kaki menara SUTT 150 KV transmisi Rembang-Blora kepada pihak PT. PLN (Persero) P3B-JB REGION JATENG DAN DIY Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Kudus.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi tentang kondisi tahanan pentanahan dari kaki menara SUTT 150 KV Transmisi Rembang-Blora.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti, khususnya dalam hal pentanahan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengetanahan

Pentanahan merupakan salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan (perlindungan) instalasi listrik. Agar sistem pentanahan dapat bekerja dengan efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkaian yang efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge current*).
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk menyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

Sistem pentanahan yang baik akan memberikan keandalan pada sistem tenaga listrik, disamping keamanan yang terjaga pada sistem tenaga listrik juga peralatan lain yang mendukungnya.

2.1.1 Jenis Pentanahan.

A. Pentanahan Sistem

Pentanahan sistem (*System Grounding*) didefinisikan sebagai hubungan ke tanah dari salah satu penghantar dari sistem distribusi atau sistem perkawatan di dalam mesin. Pentanahan sistem biasa dilakukan pada sekunder transformator yang mempunyai hubungan bintang atau dilakukan pada netral pembangkit. Apabila sistem yang digunakan adalah sistem delta, pentanahan dapat dilakukan dengan jalan menggunakan transformator pentanahan.

Tujuan dari pentanahan sistem adalah sebagai berikut :

1. Pada sistem yang besar yang tidak ditanahkan, arus gangguan relatif besar sehingga busur listrik yang timbul tidak dapat padam dengan sendirinya, hal ini akan menimbulkan busur tanah, pada sistem yang ditanahkan gejala tersebut hampir tidak ada.
2. Untuk membatasi tegangan-tegangan pada fase-fase yang tidak terganggu (sehat).

Metoda -metoda pentanahan netral dan sistem-sistem tenaga adalah :

1. Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*).
2. Pentanahan melalui reaktor (*reactor grounding*).
3. Pentanahan tanpa impedansi (*solid grounding*).
4. Pentanahan efektif (*effective grounding*).
5. Pentanahan dengan kumparan Petersen.

B. Pentanahan Perlengkapan.

Pentanahan perlengkapan merupakan hubungan ke tanah dari bagian-bagian metal yang dalam keadaan normal tidak membawa arus pada semua perlengkapan yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik, seperti: pipa-pipa metal, *raceway*, pelindung kabel, *mof kabel*, kabinet, kotak saklar, kerangka motor, tangki transformator, lemari kontrol, dan sebagainya.

Secara singkat tujuan pentanahan peralatan dapat diformulasikan sebagai berikut :

1. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya bagi orang yang ada dalam daerah tersebut.
2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
3. Untuk memperbaiki unjuk kerja (*performance*) dari sistem.

Batas tahanan pentanahan perlengkapan adalah :

1. Untuk stasiun-stasiun besar, tahanan bus pentanah 1 Ohm.
2. Untuk stasiun yang lebih kecil, tahanan bus pentanah 5 Ohm.
3. Untuk perumahan dan kota-kota yang belum mempunyai sistem air ledeng, tahanan bus pentanah 25 Ohm.
4. Untuk peralatan-peralatan elektronis yang sangat peka, tahanan pentanahan harus kurang dari 1 Ohm, yaitu sekitar 0.5 Ohm.
5. Untuk menara transmisi 150 KV tahanan pentanahan kaki menara tidak lebih dari 5 Ohm.

2.1.2 Komponen Pentanahan

A. Penghantar Pentanah.

Kawat tanah pengaman dihubungkan ke semua bagian metal peralatan listrik, dan juga kepada bagian-bagian bangunan yang berujud metal, konstruksi penyangga kabel yang terbuat metal. Penghantar pentanahan berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan tanah (besar dan lama arus gangguan tanah) tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang berlebihan. Aturan untuk pemasangan penghantar pentanah adalah sebagai berikut :

1. Bila digunakan kawat berisolasi, kawat pentanah sama penampangnya dengan kawat fase yang bersangkutan.
2. Bila digunakan kawat telanjang, kenaikan suhu maksimum dan untuk tempat-tempat tertentu suhu maksimum adalah sebesar 100°C.
3. Kawat pentanah perlengkapan harus dibuat tersendiri dan tidak digabung dengan kawat pentanah titik netral.

B. Bus Pentanah

Didalam membatasi tegangan, rangkaian impedansi rendah untuk arus gangguan tanah sangat dibutuhkan. Penampang bus pentanah ditentukan oleh besar arus dan lamanya mengalirnya arus gangguan tanah, yaitu dibatasi oleh suhu maksimum yang diperbolehkan. Kenaikan suhu yang disyaratkan untuk setiap sambungan akan berbeda. Untuk sambungan dengan baut, kenaikan suhu maksimum adalah 250°C bila suhu permulaan sebesar 26°C

$$A = 10,6 I \sqrt{S} \dots\dots\dots(2.1)$$

sedangkan untuk sambungan las, suhu maksimum adalah 450°C dan

$$A = 8,7 I \sqrt{S} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan : A = luas penampangan konduktor (mm²)

I = arus gangguan tanah (ampere)

S = lama aliran arus (second)

Arus yang digunakan dalam perhitungan tergantung pada sistem pentanahan netral. Untuk sistem yang tidak ditanahkan atau pentanahan dengan impedansi, arus gangguan adalah arus gangguan fase ke fase. Untuk pentanahan tanpa impedansi, arus yang digunakan untuk perhitungan adalah arus gangguan tiga fase. Ukuran penampang bus pentanah tidak boleh kurang dari 70 mm², untuk gardu induk besar atau pusat pembangkit, ukuran terbesar tidak perlu lebih dari 250 mm². untuk pembangkit industri dan gardu induk kecil, penampang yang digunakan cukup 90 mm²

Pemasangan bus pentanah didasarkan atas petunjuk sebagai berikut :

1. Bus pentanah harus dipasang mengelilingi bangunan. Untuk bangunan dengan kerangka baja, bus pentanahan harus dihubungkan dengan pilar-pilar baja sisi terluar, untuk bangunan yang sangat besar, bus pentanah harus dibuat berbentuk *grid*. Bus pentanah dihubungkan dengan elektroda pentanahan setiap jarak 200 ft (60 meter) atau kurang.
2. Bila gedung terdiri dari beberapa tingkat, tiap tingkat perlu diberi bus pentanah sendiri-sendiri.
3. Bus pentanah harus terlindung dari kerusakan mekanis, dan apabila metal digunakan sebagai pelindung kabel pentanah, paling tidak pada kedua ujung harus dihubungkan dengan bus tersebut.
4. Sambungan-sambungan di dalam tanah tidak boleh menggunakan baut, tetapi dengan las.

C. Elektroda pentanahan

Berupa batang (*rod*), pipa, plat atau penghantar yang dibenam dalam tanah, dengan ukuran bahan dan kedalaman yang tepat. Elektroda tersebut harus terbuat dari bahan yang tahan korosi seperti tembaga (*copper*), atau baja dilapis tembaga. Dan macam-macam elektroda pentanahan adalah :

1. Elektroda batang

Elektroda jenis ini paling sering digunakan karena relatif murah dan biasa mencapai lapisan tanah yang memiliki tahanan jenis rendah. Parameter elektroda batang meliputi: panjang, diameter dan bahan elektroda. Bahan elektroda yang biasa digunakan terbuat dari tembaga murni atau tembaga yang berlapis baja. Elektroda yang terbuat dari tembaga murni relatif cocok untuk kondisi tanah yang mempunyai kadar garam tinggi. Elektroda berlapis baja digunakan untuk daerah dengan gejala korosi yang sering terjadi. Elektroda ini mempunyai kemampuan hantaran arus yang lebih kecil dibandingkan dengan elektroda tembaga murni. Dalam pemasangannya, elektroda batang biasa dilengkapi dengan bahan anti karat sebagai pelindung. Bahan anti karat tidak akan menurunkan impedansi keseluruhan karena tidak ada kontak langsung dengan tanah.

2. Elektroda pita

Elektroda pita digunakan untuk memperendah impedansi surja Menara, komponen frekuensi tinggi dari surja petir. Elektroda jenis ini digunakan pada daerah yang mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi dan memperendah resistansi kaki menara. Elektroda jenis pita dapat dibedakan menjadi jenis kontinyu dan jenis radial.

a. Jenis kontinyu

Terdiri atas sebuah elektroda kawat horizontal yang ditanam di bawah saluran transmisi dari ujung ke ujung atau sepanjang bagian tertentu dan dihubungkan ke kawat pentanahan (*Overhead Ground Wire*) pada masing-masing tiang penyangga.

b. Jenis radial

Terdiri dari beberapa elektroda kawat horizontal dengan panjang lengan sama dan antar lengan dipisahkan dengan sudut yang sama. Berdasarkan pertimbangan karakteristik fungsi surja petir, penggunaan elektroda ini lebih menguntungkan.

3. Elektroda pelat yaitu elektroda berupa pelat yang ditanam tegak lurus dalam tanah

2.1.3 Sifat-sifat Elektroda Pentanahan

Sifat-sifat Elektroda Pentanahan dinilai dari tahanan tanah disekitarnya dimana secara geologis arus mengalir dari elektroda kesekitarnya. Tahanan elektroda ditentukan oleh ukuran, bentuk dan jenis elektroda yang digunakan. Tahanan kontak antara elektroda dan tanah disekitarnya diusahakan sekecil mungkin untuk menjamin tahanan pentanahan yang rendah. Namun demikian besarnya tahanan kontak sangat ditentukan jenis tanah, struktur tanah dan instalasi pemasangan elektroda. Tahanan tanah disekitar penjumlahan resistan seri dari lapisan-lapisan tanah, lapisan terdekat dengan elektroda memiliki permukaan yang sempit sehingga memberikan tahanan yang relatif besar. Lapisan berikutnya memberikan tahanan yang lebih kecil dikarenakan lebih luas, demikian seterusnya hingga pada suatu jarak tertentu dari elektroda. Jarak ini disebut daerah tahanan efektif, tergantung dari dalamnya elektroda.

2.1.4 Tahanan jenis tanah

Faktor paling dominan mempengaruhi tahanan sistem pentanahan adalah tahanan jenis tanah dimana elektroda pentanahan ditanam. Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung beberapa faktor, yaitu :

a. Jenis tanah.

Tabel 2.1 Tahanan jenis tanah

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis (ohm.m)
1	Tanah rawa	10 s.d. 40
2	Tanahliat dan ladang	20 s.d. 100
3	Pasir basah	50 s.d. 200
4	Kerikil basah	200 s.d. 3.000
5	Pasir dan kerikil kering	<10.000
6	Tanah berbatu	2.000 s.d. 3.000
7	Air laut dn tawar	10 s.d. 100

Sumber : PUIL 2000

b. Lapisan tanah (berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau sama).

c. Kelembaban tanah.

d. Temperatur.

Tabel 2.2 Efek Temperatur Terhadap Resistivitas Tanah

NO	Temperatur (°C)	Resistivitas (Ohm.cm)
1	-5	70.000
2	0	30.000
3	0	10.000
4	10	8.000
5	20	7.000
6	30	6.000
7	40	5.000
8	50	4.000

Sumber : IEEE STD 142-1991

Tahanan jenis tanah bervariasi menurut jenis tanahnya dikarenakan perbedaan konduktivitas dari masing-masing unsur penyusun tanah. Tanah dengan kelembaban tinggi akan memiliki tahanan jenis tanah yang rendah. Dengan memberi air atau membasahi tanah adalah metode konvensional untuk menurunkan tahanan jenis tanah dengan meningkatkan kelembaban tanah. Harga tahanan jenis

tanah pada kedalaman yang terbatas sangat bergantung dengan keadaan cuaca. Untuk mendapatkan tahanan jenis rata-rata untuk perencanaan maka diperlukan penyelidikan atau pengukuran dalam jangka waktu tertentu. Biasanya tahanan tanah juga bergantung dari tingginya permukaan tanah dari permukaan air konstan. Metode untuk mengurangi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, dilakukan dengan menanamkan elektroda pentanahan sampai mencapai kedalaman di mana terdapat air tanah yang konstan.

2.2 PROTEKSI PENTANAHAN KAKI MENARA

Indonesia merupakan negara dengan wilayah yang mempunyai kerapatan sambaran petir cukup tinggi, Dengan demikian kemungkinan jaringan transmisi mengalami gangguan petir cukup besar. Telah banyak cara yang digunakan untuk menghindarkan atau mengurangi terputusnya aliran daya listrik akibat sambaran petir, misalnya memasang kawat tanah di atas kawat fase, memperkecil tahanan kaki menara, memasang *arrester*, dan sebagainya. Tahanan kaki Menara yang rendah dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang-batang pengetanahan (*ground rod*) dan atau sistem *counterpoise*. Pemilihan penggunaan batang pengetanahan dan atau sistem *counterpoise* tergantung dari tahanan jenis tanah di mana menara tersebut berada.

2.2.1 Batang pengetanahan

Bila menggunakan batang pengetanahan, tahanan kaki menara dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = (\rho / 2\pi L) \ln(2L/d) \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

- R = tahanan kaki menara (ohm)
- ρ = tahanan jenis tanah (ohm.m)
- L = panjang dari batang pengetanahan (meter).
- d = diameter batang pengetanahan (meter).

Menurut persamaan di atas, tahanan kaki menara akan berkurang dengan menambah panjang pengetanahan. Dalam hal ini batang pengetanahan paralel digunakan, persamaan (2.3) tetap dapat digunakan untuk menghitung tahanan kaki menara; bila variabel *d* diubah menjadi *A* dan radius batang pengetanahan sama sesuai dengan persamaan (2.4). Harga *A* adalah kelipatan batang pengetanahan yang tergantung dari penempatan masing-masing batang.

penempatan :

2 batang diletakkan di mana saja $A = \sqrt{ar}$ (2.4)

3 batang diletakkan membentuk segitiga $A = \sqrt[3]{a^2r}$ (2.5)

4 batang diletakkan membentuk persegi $A = \sqrt[4]{2\frac{1}{2}a^3r}$ (2.6)

dengan : r = jari-jari masin-masing batang pengetanahan (harus sama)

a = jarak antara batang pengetanahan.

Tembaga dan aluminium adalah bahan yang paling sering digunakan sebagai batang pengetanahan (*driven ground*). Namun demikian tembaga dianggap lebih tahan terhadap korosi pada daerah dengan kadar garam dan kelembaban tinggi, serta daerah dengan kondisi tanah keras.

2.2.2 Counterpoise

Untuk daerah-daerah yang mempunyai lapisan tanah yang keras dan berbatu-batu atau daerah yang tahanan jenis tanahnya tinggi, batang pengetanahan tidak praktis digunakan. *Counterpoise* menggunakan kawat penghantar yang ditanam di dalam parit di sekitar kaki menara. Parit-parit tersebut tidak terlalu dalam, kedalamannya sekitar 30 cm sampai 60 cm dan tidak memerlukan bahan urugan khusus. *Counterpoise* dapat dikonfigurasi secara radial (non kontinyu) atau secara menara ke menara (kontinyu)

3. METODE

Pada penelitian ini diselesaikan dalam waktu 3 bulan, dengan tahapan studi literatur, studi lapangan dan pembuatan laporan.

3.1 Studi Literatur

Data didapatkan dari bebrbagai refrensi serta informasi yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Sumber informasi diperoleh diantaranya dari buku, artikel publikasi, skripsi, dan karya-karya ilmiah lainnya.

3.2 Studi Lapangan

Merupakan metode untuk mengumpulkan data secara langsung dari tempat objek penelitian, dimana pengambilan data dilaksanakan dengan cara sebagai berikut :

- a) Observasi, yaitu dengan cara mengamati secara langsung untuk mendapatkan data-data primer yang lebih akurat mengenai hal-hal yang menjadi objek penelitian.
- b) Menanyakan secara langsung kepada petugas dilapangan.

3.3 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan mei tahun 2011 di sepanjang tower saluran udara tegangan tinggi 150 KV transmisi Rembang-Blora yang berjumlah 92 tower dengan jarak 29,46 km yang terbagi 2 tim yaitu tim pemeliharaan Gardu Induk Tegangan Tinggi Rembang dan Blora.

3.4 Alat dan bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan adalah :

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. Earth tester dan 3 probe kabel | 6. gergaji |
| 2. kunci pas ukuran 14,17,19,21 | 7. tang |
| 3. kunci inggris | 8. meteran |
| 4. martil | 9. baut |
| 5. elektroda batang (arde) | 10. helm dan sepatu boots |



Gambar 3.1 Elektroda Batang

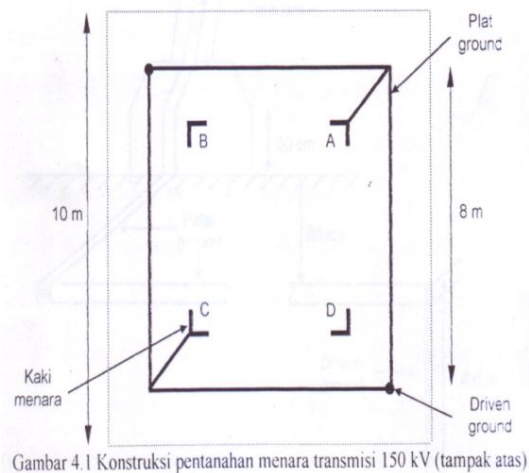
Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam membuat arde (elektroda batang) terdiri :

- | | |
|--------------|---|
| 1. mesin las | 4. kawat arde (B.c Dradd) 50 |
| 2. alat pres | 5. pipa besi yang dilancipkan |
| 3. baut | 6. kabel seun 35-50 inci selong segi enam |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

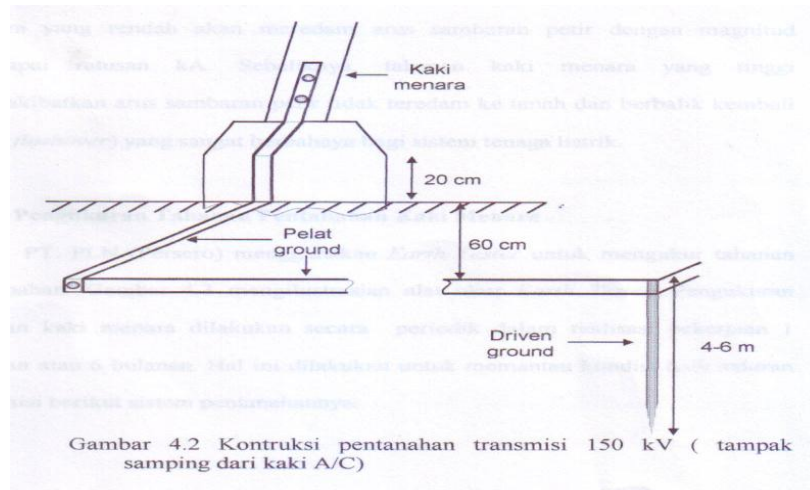
4. 1 Pentanahan kaki menara transmisi 150 KV

Perlindungan saluran transmisi terhadap gangguan petir menggunakan kawat tanah dan piranti pentanahan kaki menara untuk mengurangi resistan kaki menara. Untuk memperoleh tahanan kaki menara kurang dari 5 ohm, PT. PLN (PERSERO) menerapkan sistem pentanahan seperti terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Konstruksi pentanahan menara transmisi 150 kV (tampak atas)

Menara transmisi dipasang diatas lahan 100 m² berbentuk bujur sangkar. Pada awal instalasi pentanahan dilakukan dengan memasang pelat horisontal yang berbentuk bujur sangkar dengan sisi 8 m. Kaki menara A dan C dihubungkan dengan pelat tersebut. Pelat horisontal ditanam sedalam 60 cm, namun demikian untuk memperoleh daya dukung tanah yang memenuhi kelayakan secara elektrik untuk menjamin rendahnya tahanan pentanahan maka dipasang *driven ground* berbentuk batang (rod). Gambar 4.2 memperlihatkan konstruksi pentanahan dari samping.



Gambar 4.2 Kontruksi pentanahan transmisi 150 kV (tampak samping dari kaki A/C)

Seiring lamanya waktu terjadi pencurian pelat secara besar-besaran salah satunya di wilayah Gardu induk Rembang, Jepara, Gedung ombu. Untuk itu Unit Pelayanan Transmisi (UPT) kudas melakukan sidak rutin secara mingguan, bulanan, maupun tahunan terhadap SUTT/SUTET oleh petugas dan Supervisor (SPV) GI masing-masing dan rutin dilaporkan kepada UPT Kudus sebagai penanggung jawab yaitu untuk menglola operasi dan pemeliharaan sarana sistem transmisi serta pengaturan dan pengendalian sistem tenaga listrik di wilyah kerjanya. Untuk itu perbaikan yang dilakukan dengan mengganti instalasi pentanahan menggunakan satu atau lebih btang-batang pentanahan driven ground berbentuk batang (rod). Tergantung dari tahanan jenis tanah dimana menara tersebut berada.

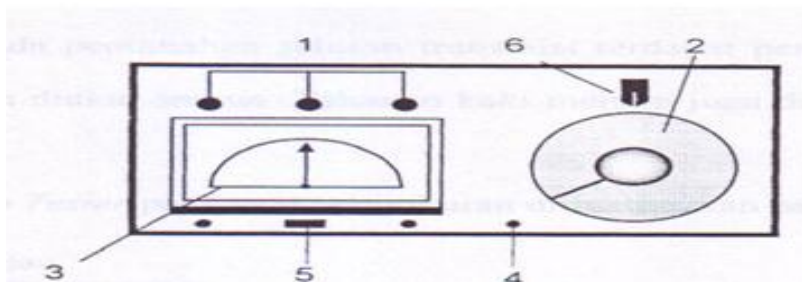
Tahanan kaki yang bernlai rendah seiring perjalanan waktu terjadi perubahan struktur tanah, perubahan kelembaban dan perubahan tingkat kandungan air mengakibatkan tingginya resistivitas tanah lebih dari 5 ohm. Kondisi ini akan semakin buruk ketika musim kemarau panjang.

4.2 Pengukuran Tahanan Pentanahan kaki menara

PT.PLN (Persero) menggunakan *Earth Tester* untuk mengukur tahanan pentanahan. Gambar 4.3 dan 4.4 adalah alat ukur *Earth tester*. Hal ini dilakukan untuk memantau kondisi fisik berikut sistem pentanahannya.



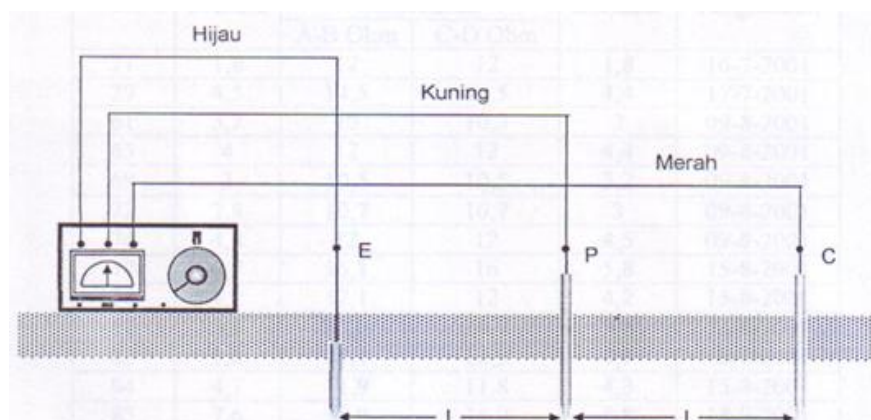
Gambar 4.3 *Earth Tester*



Gambar 4.4 *Earth Tester*

Bagian alat ukur terdiri :

- | | |
|---------------------|---------------------------------------|
| 1. Terminal. | 4. Tombol. |
| 2. Skala pembacaan. | 5. saklar untuk pemilihan pengukuran. |
| 3. Indikator. | 6. Indeks pada skala. |



Gambar 4.5 ilustrasi pengukuran dengan Earth Tester

Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Semua terminal kabel dipasang pada alat ukur.
2. mengecek tegangan batre earth tester dengan cara saklar diarahkan ke kiri pada skala pembacaan apabila jarum mengarah ke kiri menjauh maka bertanda isi batre penuh dan arah kekanan semakin mendekati 0 artinya batre kosong (tidak bisa digunakan).

3. Baut sambungan pada penghantar pentanahan dan elektroda pentanahannya dilepas, karat yang menempel dibersihkan.
4. terminal dengan kabel hijau dihubungkan pada bagian yang akan diukur, probe kabel kuning ditancapkan pada tanah dengan jarak 5-10 m dengan probe kabel merah.
5. Tombol (NO. 4) ditekan, jarum akan bergerak kemudian jarum diatur tepat pada posisi nol. Tombol dilepas maka jarum akan bergerak menunjukkan besar tahanan yang diukur.

Untuk keperluan analisa dalam penelitian ini hanya diambil data-data tahanan pentanahan kaki menara bernilai tinggi atau lebih dari 5 Ohm seperti dalam tabel 4.1. Analisa kondisi tahanan tower SUTT 150 KV transmisi Rembang-Blora terbagi dalam 3 macam batasan yaitu :

1. Tahanan pentanahan keseluruhan (gabungan)

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde belum dilepas dari kaki tower, dengan kata lain masih dalam keadaan utuh.

2. Tahanan pentanahan kaki tower (tanpa pentanahan)

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde dilepas dari kaki tower, sehingga hanya tahanan dari kaki tower saja yang di ukur.

3. Tahanan pentanahan arde kaki tower (menara tidak terhubung).

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde sudah dilepas kemudian arde diukur.


Tabel 4.1 Tahanan Pentanahan Tower Rembang-Blora

Jurusan Rembang- Blora		HASIL PENGUKURAN						Hasil Pentanahan Pengeboran Arde (Ω)
		Kaki tower (Ω)	Pentahanan (Ω)				Bersama (Ω)	
No	Tower		A (Ω)	B (Ω)	C (Ω)	D (Ω)		
1	A1	0.2	17.0	2.1	5.2	2.1	0,2	2.9
2	A4	0.5	15.0	2.0	0.3	0.3	0.5	1.9
3	A9	0.3	17.0	21	0,20	2.0	0.30	1.3
4	A10	0.3	2.2	0.2	0.3	13	0.3	2.4
5	A13	0.9	-	18.5	20.5	20.5	0.9	2.2
6	A14	0.7	-	11.5	8.0	10.5	0.7	2
7	A15	0.6	-	5.50	0.40	3.8	0.60	2
8	A16	0.5	1.8	8.3	25	2	0.5	3.9
9	A18	0.25	14.5	18.5	20.5	20.5	0.9	3
10	A19	0.7	11	11.5	8	10.5	0.7	3
11	A20	0.50	10	10	1	92.0	0.50	3
12	A21	0.4	15.4	8.3	2.5	2.50	0.20	1.7
13	A25	0.25	8.1	15	1.0	0.35	1.40	3.5
14	A30	0.30	45.0	3.60	54.0	3.80	0.30	3.5
15	A32	0.8	34	32	5	8	0.7	1.8
16	A33	0.5	0.8	5.5	4.6	40.5	0.6	3
17	A34	0.7	10.5	9.8	13.5	13	0.7	3.5
18	A35	0.5	12	7	7	-	0.6	3.5
19	A39	0.4	11.1	5	4.5	4.5	0.6	4
20	A41	0.5	0.6	15	2	15	0.50	4
21	A42	0.7	40	40	25	19	0.7	4
22	A43	1	45	19	1.05	19	0.65	4
23	A44	1.2	44	18	20	18	0.6	3
24	A46	0.5	12	1	0.6	0.5	0.30	3

No	Tower	Kaki tower (Ω)	A (Ω)	B (Ω)	C (Ω)	D (Ω)	Bersama (Ω)	Hasil pentanahan (Ω)
25	A47	0.5	11.5	0.6	10	0.6	0.5	3
26	A48	0.4	17	19	11.5	19.5	0.4	3
27	A50	0.7	19	4	16	18	0.9	2
28	A51	1.0	20	17	13	14	1.0	2
29	A52	1.0	14	15	12	14	1.0	4
30	A53	1.0	6.5	5.5	21	16	0.8	4
31	A54	0.9	2.0	11	11	13	0.9	2
32	A55	0.7	16.0	13	-	10	0.7	2
33	A56	0.8	17.0	11	13	18	0.8	2.2
34	A57	1.0	10.5	11.5	8	8	1.0	2.2
35	A59	3.0	75	87	75	100	3.0	2.2
36	A60	3.0	70	95	80	77	3.0	2.2
37	A62	0.9	1.5	1.6	11.9	2	0.7	2.2
38	A71	0.8	3.0	12	50.5	7	0.7	2
39	A72	0.8	3.5	20	0.5	3	0.8	2
40	A75	0.8	3.5	20.5	0.5	3.5	0.8	1.9
41	A80	0.8	19	3.5	6.5	11.5	0.6	1.9
42	A88	0.7	2.0	5.1	50	5.0	1.5	1.9
43	A89	0.4	3.5	3.0	50.0	4.0	0.4	1.7
44	A90	0.5	0.5	75	4.5	0.4	0.3	1.9

Sumber : Laporan Realisasi Pekerjaan 1 Tahunan / 6 Bulanan PT. PLN (Persero) UPT Kudus.
keterangan :

ABCD = Kaki tower, (-) Arde putus/arde dilas tidak dapat diukur tahanannya.

 = Nilai Tahanan yang melebihi 5 ohm.

Parameter yang ditekankan adalah tahanan pentanahan karena parameter ini sangat menentukan perlindungan pada saluran transmisi pada titik terdekat menara tersebut. Parameter ini akan menjamin saluran yang memadai bagi arus sambaran petir untuk diredam oleh tanah melalui menara tersebut tidak melimpah ke menara disampingnya. Tahanan pentanahan diukur dengan melepas hubungan piranti pentanahan dengan kaki menara transmisi. Parameter tahanan menara diukur tanpa menghubungkan kaki menara dengan piranti pentanahan. Nilai tahanan kaki menara dipengaruhi oleh tahanan gabungan kaki menara dan tahanan pentanahan menara sistem transmisi karena terhubung oleh kawat tanah, begitu juga parameter tahanan bersama yaitu tahanan sistem yang diukur setelah kaki menara dan piranti pentanahan dihubungkan. Parameter tahanan pentanahan sangat menentukan kualitas sistem pentanahan kaki menara, karena tidak akan mungkin diperoleh tahanan menara dan tahanan bersama yang rendah ketika seluruh tahanan pentanahan bernilai tinggi. Arus petir akan langsung mengalir ke tanah melalui menara tersebut tidak mengalir ke menara di sekitarnya yang mempunyai tahanan pentanahan yang relatif rendah. Pada sistem pentanahan kaki menara istilah tahanan pentanahan lebih lazim dikenal sebagai tahanan kaki menara.

4.3 Faktor penyebab Tingginya Tahanan Kaki Menara

1. Perubahan Resistivitas Tanah

Resistivitas tanah sangat tergantung dengan material pendukung tanah, temperatur dan kelembaban. Menara transmisi yang mempunyai tahanan kaki menara tinggi berada pada daerah dengan struktur tanah berpasir, berbatu dan cenderung berstruktur tanah padas. Dari data PUIL 2000 bahwa tanah berpasir, berbatu dan cenderung padas mempunyai resistivitas yang tinggi. Disinyalir kondisi tanah yang demikian diakibatkan kerusakan yang terjadi di permukaan tanah, berkurangnya tumbuhan-tumbuhan yang dapat mengikat air mengakibatkan kondisi tanah tandus dan berkurang kelembabannya.

2. Korosi

Komponen sistem pentanahan dipasang di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah, keduanya menghadapi karakteristik lingkungan yang berlainan. Bagian yang berada di atas permukaan tanah, asap dan partikel debu dari proses industri serta partikel terlarut yang terkandung dalam air hujan akan mengakibatkan korosi pada konduktor. Bagian di bawah tanah, kondisi tanah basah yang mengandung materi alamiah, bahan-bahan kimia yang terkontaminasi didalamnya juga dapat mengakibatkan korosi.

4.4 Usaha menurunkan tahanan kaki menara berimpedansi tinggi

1. Perawatan Rutin.

Perawatan dilakukan untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja sistem pentanahan kaki menara. Laporan realisasi pekerjaan 1 tahunan dan 6 bulanan adalah cara untuk memantau kondisi fisik saluran transmisi berikut sistem pentanahannya. Disamping ada petugas lapangan penjaga tower yang setiap seminggu sekali melaporkan *checklist* mingguan SUTT 150 KV. Tahanan pentanahan kaki menara diukur dengan metode yang telah dijelaskan sebelumnya, tahanan kaki menara bernilai tinggi akan masuk dalam daftar perbaikan. Kerusakan yang terjadi pada sistem pentanahan biasanya diakibatkan sambungan kendur atau korosi antar bagian elektroda. Perbaikan dilakukan dengan mengencangkan kembali baut-baut sambungan dan membersihkan bagian elektroda dari korosi.

2 Menambahkan batang elektroda

Setelah mengetahui nilai tahanan yang melebihi 5 ohm pihak PLN melakukan pengeboran disekitar tower yang bernilai lebih dari 5 ohm dengan menggandeng pihak lain untuk melakukan pengeboran. Jarak pengeboran disepakati 12 meter dari permukaan tanah, baru penambahan batang elektroda bisa dilakukan dan analisa untuk Jenis tanah yang ada di transmisi Rembang-Blora adalah jenis tanah liat dan ladang (100 ohm.m).

4.5 Analisis dengan satu batang elektroda

Sebelum dilakukan instalasi elektroda batang, harus terlebih dahulu ditentukan ditentukan desain dari elektroda batang, lalu dihitung nilai tahanan elektroda batang sesuai standart yaitu harus dibawah 5 Ω (ohm) untuk elektroda batang tunggal. Adapun perkiraan desain dan perhitungan nilai tahanan adalah sebagai berikut:

Panjang elektrode (L) = 12 meter
Jarak Penanaman (Hb) = 10 meter
Diameter elektroda (D) = $\frac{3}{4}$ inch = 1,905 cm
Jari-jari elektrode (r) = $1,905/2 = 0,9525$ cm
Tahanan jenis tanah (ρ) = 100 Ohm-meter untuk tanah ladang

$$R_{s1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{2L}{a}\right) - 1 \right]$$

Di mana :

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)
L = Panjang elektroda batang (meter)
a = Jari-jari penampang elektroda (cm)
R = Tahanan elektroda ke tanah (ohm)

$$\begin{aligned} R_{s1} &= \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{2L}{a}\right) - 1 \right] \\ &= \frac{100}{2\pi \cdot 12} \left[\ln\left(\frac{2 \cdot 12}{0,9525}\right) - 1 \right] \\ &= 1,327 [\ln 25,1969 - 1] \\ &= 2,9549 \Omega \end{aligned}$$

Nilai perhitungan tahanan pentanahan untuk satu buah batang elektrode yang ditanam tegak lurus kedalam tanah adalah 2,9549 Ohm. Jadi perhitungan nilai tahanan pentanahan elektrode batang tunggal telah memenuhi persyaratan yang berlaku yaitu dibawah 5 Ohm. Hasil penelitian menunjukan

bahwa konfigurasi penanaman elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan, artinya semakin banyak elektroda ditanam dalam tanah, maka semakin kecil nilai tahanan pentanahannya

5. PENUTUP

KESIMPULAN

1. Dari hasil pengukuran kondisi tahanan pentanahan tower SUTT 150 KV transmisi Rembang-Blora terdapat beberapa kondisi tower yang harus diperbaiki.
2. Konfigurasi penanaman elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan.
3. Bila struktur tanah dianggap homogen tahanan elektroda pentanahan untuk satu batang rod akan semakin kecil bila elektroda tersebut ditanam semakin jauh dari permukaan tanah.

SARAN

1. Realisasi pekerjaan 1 tahun ,6 bulan maupun mingguan cukup menjamin kualitas suplai daya listrik kepada konsumen.
2. Untuk memperkecil resistensi tanah sebaiknya kalau ada rumput ilalang yang ada dipermukaan tanah sebaiknya dibersihkan terlebih dahulu karena rumput tersebut dapat menambah jumlah resistensi tanah.
3. Untuk regu operasi pemeliharaan gardu induk rembang agar tambah semangat dan kompak selain mengoptimalkan pemeliharaan dari segi kualitas maupun kuantitas juga keselamatan kerja wajib diutamakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariawan.Putu Rusdi.2009. Pentanahan Netral Sistem Tenaga. Jakarta:Erlangga.
- Jasdi Udiklat PLN. 2006. Sistem Tenaga Listrik. Jakarta.
- Hutauruk, T.S. 1999. "Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan pengetanahan Peralatan". Jakarta: Erlangga.
- Murdiyanto, 2000, Analisis pentanahan menara saluran transmisi tegangan tinggi 50 kv, skripsi, Fakultas Teknik Industri, IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Nawir, M., 2003 pengaruh tahanan kaki menara saluran transmisi terhadap distribusi tegangan surja petir, *thesis*, jurusan teknik elektro Universitas Gajah Mada, yogyakarta.
- PT. PLN (Persero). 2010. "Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT/SUTET) (No. Dokumen : 10-22/HARLUR- PST/2009)". Jakarta: SK Direksi No. 114.Dir/2010.
- PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik)2000.